

УДК 621.311

Богдан Оробчук, к.т.н., доц., Ігор Гаврилюк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

АНАЛІЗ ПЕРЕВАГ ВИСОКОВОЛЬНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Виконано аналіз системи електропередач постійного струму, її використання в енергетиці України та переваг застосування у порівнянні з лініями змінного струму.

Ключові слова: електропередача постійного струму, вставка постійного струму, електрична мережа, електроенергетична система, лінія електропередач.

Orobchuk Bohdan, Ihor Havryliuk

ANALYSIS OF ADVANTAGES HIGH-VOLTAGE POWER LINES TRANSMISSION OF DIRECT CURRENT

Analysis performed of DC power system, its use in the energy sector of Ukraine and the advantages of using compared with AC lines.

Keywords: electric transmission of direct current, DC insert, electric network, electric power system, electric transmission line.

Традиційні високовольтні лінії електропередачі сьогодні функціонують, незмінно використовуючи змінний струм. Але зараз уже часто ставлять питання про переваги, які може дати високовольтна ЛЕП постійного струму в порівнянні з ЛЕП змінного струму.

Передача електроенергії у всіх країнах світу здійснюється переважно трифазним змінним струмом 50 Гц або 60 Гц, що можна пояснити наступними причинами. Основними споживачами є електроприводи різних механізмів, для яких застосовують прості і надійні трифазні асинхронні двигуни. Обертове електромагнітне поле - природня властивість трифазної системи. Виробництво електроенергії технічно можливо як генераторами змінного струму, так і постійного, робоча напруга яких обмежена з конструктивних міркувань до 30 кВ. Для забезпечення економічності передачі електроенергії на далекі відстані необхідна напруга, що значно перевищує номінальну напругу генераторів, а безпосередня трансформація постійного струму неможлива. Тому підвищення напруги при великих струмах можливе тільки за допомогою явища електромагнітної індукції і трансформаторів, що створює можливість для подальшої ефективної передачі електроенергії змінним струмом. Споживання електроенергії здійснюється на відносно низькій напрузі – сотні і тисячі вольт. Тому на приймальному кінці електропередачі необхідно знову використовувати трансформаторні пристрої. Змінний струм виявив свої переваги після винаходу трансформатора. В результаті виробництво, передача і споживання здійснюється, як правило, на змінному струмі [1].

Для передачі електроенергії постійним струмом споруджуються випрямні підстанції - випрямлячі (ВПС) на кінці живлення електропередачі, яка перетворює після трансформації на високу напругу змінний струм в постійний з незначними пульсаціями з подальшою передачею електроенергії на необхідну відстань, і інверторна підстанція (ІПС) на змінному струмі зі зворотним перетворенням постійного струму в змінний для трансформації на низьку напругу.

На рис. 1 приведено спрощену схему, яка пояснює склад головних елементів і загальний принцип роботи лінії постійного струму. Для забезпечення роботи перетворювальних підстанцій необхідна значна реактивна потужність (приблизно 50%

від переданої активної). Ця потужність повинна покриватися наявними в системі генераторами і джерелами реактивної потужності (ДРП), компенсуючими пристроями великої потужності, що встановлюються поблизу від споживачів. Для згладжування пульсації струму і обмеження швидкості при пошкодженні в лінії включають реактори [2].

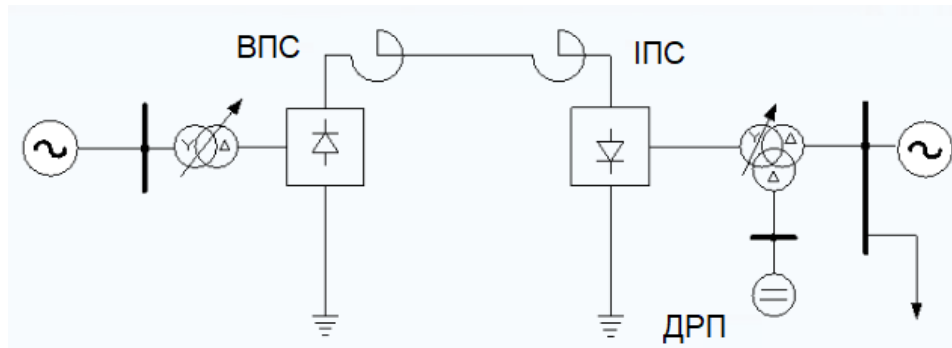


Рис. 1. Принципова схема електропередачі постійного струму

До теперішнього часу не створені задовільної конструкції вимикачі постійного струму високої напруги. Відключення лінії постійного струму (ЛПТ) проводиться закриттям вентилів ВПС. Тому електропередача постійного струму має блокову схему: ВПС - ЛПТ - ІПС без приєднання інших ІПС в проміжних пунктах лінії. Технічна складність здійснення розгалужених ліній електропередачі постійного струму викликана особливостями їх режимного регулювання, забезпечення стійкості, необхідністю локалізації аварії і ін.

З ряду якостей ліній постійного струму можна виділити особливу: електропередачею постійного струму можливе з'єднання електроенергетичних систем (ЕЕС) з різною частотою, тобто можливо виконати несинхронний зв'язок різних систем і, зокрема, передачу потужності від ГЕС при знижених тиску і частоті, об'єднання мало-потужної системи з більш потужною без заміни обладнання за параметрами режиму короткого замикання.

Наявність двох підстанцій (випрямної і інверторної) - дорогих і складних в експлуатації - стримує широке застосування ліній постійного струму. Застосування постійного струму для передачі електричної енергії може бути альтернативою змінному струму для наддалих ліній (від 1500 км і вище та передачі потужності від 2000 МВт). Електропередачі постійного струму меншої протяжності можна застосовувати при вирішенні технічних завдань формування об'єднаних енергосистем, які не можливо вирішити за допомогою електропередач змінного струму (забезпечення стійкості паралельної роботи, несинхронний зв'язок ЕЕС великої потужності, кабельні лінії великої протяжності), а так само в тих випадках, коли спорудження повітряних і кабельних ліній ЛЕП змінного струму економічно недоцільно, наприклад, для перетину морського простору [3].

Наявність зазначених властивостей може послужити поштовхом до більш широкого застосування технології високовольних передач постійного струму. Перетоки потужності через лінію передачі постійного струму регулюються за рахунок використання систем управління або перетворювальних підстанцій. Перетоки потужності не залежать від режиму роботи підключених енергетичних систем.

Таким чином, на відміну від ліній змінного струму, що зв'язують дві енергосистеми, міжсистемні зв'язки ліній постійного струму можуть мати як завгодно низьку пропускну здатність, виключаючи проблему слабких зв'язків, і самі лінії можуть проектуватися з урахуванням оптимальних перетоків потужності.

Крім цього, виключені проблеми синхронізації різних систем оперативного управління в різних енергетичних системах. Високошвидкісні системи аварійного управління на високовольтних лініях постійного струму ще більше збільшують стійкість і надійність всієї енергосистеми. Більш того, регулювання перетоків потужності може бути використано для усунення коливань в енергосистемах або на високовольтних лініях змінного струму, що працюють паралельно.

Ефективність застосування далеких передач постійного струму обумовлена не тільки підвищенням стійкості міжсистемних зв'язків, але також низькими втратами активної потужності, зменшенням розмірів конструкцій біполярної лінії в порівнянні з трифазною повітряною лінією при однаковій потужності (рис. 2), відсутністю обмежень по довжині передачі і можливістю швидкого регулювання величини потужності та напрямку її передачі за рахунок оборотності випрямлячів в інвертори і навпаки.

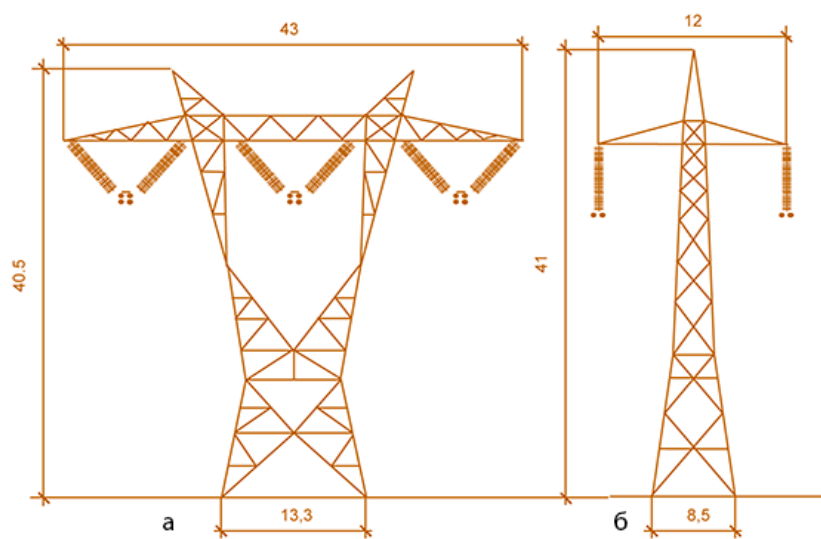


Рис. 2. Порівняння опор ПЛ 800 кВ змінного струму (а) і ПЛ ± 500 кВ постійного струму (б) для однакової потужності, що передається (розміри вказані в метрах)

Література

1. Аналіз усталених режимів об'єднань електроенергетичних систем зі вставками постійного струму // Технічна електродинаміка. Проблеми сучасної електротехніки. – Київ – 2010.
2. Карлссон Л. Высоковольтные линии постоянного тока (HVDC). «Межсетевой экран» для борьбы с аварийными ситуациями в высоковольтных сетях. – АББ Ревю 3/2005.
3. Шидловський А.К., Перхач В.С., Скрипник О.І. Енергетичні системи з електропередачами та вставками постійного струму / Під ред. Кузнецова В.Г. – К.: Наукова думка, 1992.